A mon cher Monsieur Plan
Souvenir de son condisciple
A Bertrand

4

Fautes typographiques essentielles à corriger.

Page 3, en note, au lieu de : *Annales*, lisez : *Annuaire*.

Page 33, ligne 6, *au lieu de :* plus que peu d'oxygène, *lisez :* plus autant d'oxygène.

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/b2246394x

4

CONCOURS POUR L'AGRÉGATION

(SECTION DE CHIMIE, PHYSIQUE ET TOXICOLOGIE),

OUVERT A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE STRASBOURG, PAR ARRÊTÉ MINISTÉRIEL DU 30 AOUT 1850.

DE L'AIR ATMOSPHÉRIQUE

CONSIDÉRÉ SOUS LE POINT DE VUE

DE LA PHYSIQUE, DE LA CHIMIE ET DE LA TOXICOLOGIE.

THÈSE

SOUTENUE DEVANT LE JURY INSTITUÉ CONFORMÉMENT AU RÈGLEMENT DU 6 FÉVRIER 1846 ET A L'ARRÊTÉ MINISTÉRIEL DU 13 DÉCEMBRE 1850,

PAR P. J. A. BÉCHAMP,

MAITRE EN PHARMACIE, BACHELIER ÈS SCIENCES MATHÉMATIQUES, ANCIEN PRÉPARATEUR DE CHIMIE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE STRASBOURG,

LE MARDI 7 JANVIER 1851, A SIX HEURES DE RELEVÉE.

STRASBOURG,

IMPRIMERIE DE G. SILBERMANN, PLACE SAINT-THOMAS, 5.

1851.

A MON PÈRE ET A MA MÈRE,

Amour et reconnaissance.

A MON BEAU-PÈRE,

MONSIEUR DONAT MERTIAN,

DE BENFELD.

Témoignage d'affection filiale.

P. J. A. BÉCHAMP.

JUGES DU CONCOURS.

MM. Oppermann, professeur, *président.*

Kirschleger, professeur,
Oberlin, professeur adjoint,
Loir, idem.
Schæuffelé, agrégé libre,
} juges titulaires.

MM. Rameaux, professeur à la faculté de médecine,
Pasteur, professeur à la faculté des sciences,
} juges adjoints.

Lelièvre, *secrétaire.*

DE L'AIR ATMOSPHÉRIQUE

CONSIDÉRÉ SOUS LE POINT DE VUE

DE LA PHYSIQUE, DE LA CHIMIE ET DE LA TOXICOLOGIE.

L'air atmosphérique, ce milieu au sein duquel se passent tous les phénomènes de la vie, sans lequel nul être créé ne saurait exister, n'a été connu dans sa nature intime que cinquante-six siècles environ après la création de l'homme, alors que les plus vastes génies avaient cependant déjà entrevu les lois qui régissent le mouvement des mondes que nous apercevons au-dessus de nous, et lequel nous emporte avec eux dans l'immensité de l'espace. Chose étrange! Des faits journaliers devaient faire croire à la matérialité de l'air, et l'on croyait à son immatérialité. Bien plus, lorsque des faits précis, palpables, vinrent prouver que l'air est pesant, on chercha des objections plutôt que de se soumettre à l'évidence de la vérité; et ceux même, souvent, qui découvraient un fait nouveau, ne savaient ou ne voulaient pas en tirer parti : tant est puissante l'influence de l'habitude et du préjugé. On comprend de cette manière comment des faits qui aujourd'hui nous paraissent si simples, qu'on les relègue dans les éléments, aient coûté tant de labeurs et d'efforts pour être admis sans contestation.

Historiquement l'air a d'abord été connu sous le rapport physique, rationnellement son étude doit commencer par là. En effet, on a connu la pesanteur, la compressibilité et la dilatabilité de l'air avant d'en connaître la composition; Galilée, Mariotte et Deluc ont précédé Schéele, Priestley et Lavoisier. D'un autre côté, pour étudier avec fruit la com-

position chimique de l'air, il a fallu connaître d'abord l'influence qu'exercent sur lui la pression atmosphérique et la chaleur. Enfin on ne put se rendre compte du rôle de l'air dans l'acte important de la respiration que lorsque sa composition fut connue. L'histoire et la raison nous dictent donc l'ordre dans lequel nous devons traiter notre sujet.

Ce travail sera divisé en trois parties :

La première traitera de l'air sous le point de vue physique; nous ne nous attacherons toutefois spécialement qu'à celles de ces questions qui se rapportent plus directement à la chimie.

Dans la deuxième nous nous occuperons de la composition et des altérations de l'air.

La troisième partie sera consacrée à ce que l'on peut appeler la toxicologie de l'air.

PREMIÈRE PARTIE.

DE L'AIR DANS SES RAPPORTS AVEC LA PHYSIQUE.

L'air a été le point de départ de tous les travaux faits sur les fluides élastiques; ainsi on a déterminé la pesanteur, la compressibilité, la dilatabilité et l'indice de réfraction de l'air, avant de déterminer ces propriétés dans les autres gaz; et l'on a pris, à tort ou à raison, la densité des gaz par rapport à l'air, de même qu'on avait pris celle des liquides et des solides par rapport à l'eau.

Pesanteur de l'air. — Baromètre.

Avant Galilée on admettait généralement que l'air n'était pas pesant; l'anecdote des fontainiers de Florence fit penser à ce grand homme qu'il pourrait bien l'être. Après avoir pesé un vase plein d'air, il y injecta avec force une nouvelle quantité de ce fluide et constata une augmentation de poids.

Son disciple Toricelli mit le fait de la pesanteur de l'air hors de doute, à l'aide de son tube devenu notre baromètre, instrument pré-

cieux, perfectionné successivement par MM. Fortin, Gay-Lussac et Bunten, qui le rendirent portatif et, en outre, plus exact; le premier, en nous fournissant le moyen de ramener le niveau du mercure au zéro de l'échelle, de sorte qu'il ne reste plus à faire que la correction relative à la capillarité et à la dilatation du mercure; les deux derniers en introduisant des modifications qui n'exigent plus que la correction concernant la dilatation du mercure[1].

Plus tard, Pascal, par sa fameuse expérience du Puy-de-Dôme, fit constater l'abaissement qu'éprouve la colonne barométrique à mesure qu'on s'élève dans l'air, et conduisit ainsi : à la mesure des hauteurs par le baromètre, à la possibilité de calculer approximativement le poids total de notre atmosphère (le rayon de la terre supposée sphérique, la hauteur de la colonne barométrique et la densité du mercure étant connus), à l'explication rationnelle de l'élévation de l'eau dans les corps de pompe et à la théorie du siphon.....

Comme conséquence de ces découvertes, Otto de Guericke construisit la première machine pneumatique, instrument si perfectionné aujourd'hui qu'on peut y faire le vide à un demi-millimètre.

Nous ne quitterons pas ce sujet sans faire remarquer que la théorie des tubes de sûreté est liée à la pesanteur de l'air.

Compressibilité de l'air. — Loi de Mariotte.

Vers la fin du dix-septième siècle, Boyle et Mariotte parvinrent simultanément à prouver que *les volumes occupés par les gaz sont en raison inverse des pressions qu'ils supportent*, loi à laquelle Mariotte a donné son nom, à cause de la conséquence qu'il en a su tirer, savoir : que *les densités des gaz sont proportionnelles aux pressions.*

La connaissance de la loi de Mariotte est d'une très-grande importance pour la chimie et la physique, car il est absolument impossible de déterminer rigoureusement le volume d'un gaz quelconque sans y

[1] Cependant M. Delcros cite un baromètre de Gay-Lussac, supposé corrigé de la capillarité, qui était trop haut de $1^{mm},75$ (*Annales météorologiques pour* 1849).

avoir recours. On l'a reconnue exacte pour l'air et les autres gaz jusqu'à la pression de trois ou quatre atmosphères. MM. Arago et Dulong, ayant fait de nouvelles expériences, ont prétendu démontrer qu'elle s'applique à l'air, sans aucune variation, jusqu'à vingt-sept atmosphères. Cependant M. V. Regnault a prouvé que cette loi présente un grand nombre d'exceptions, même pour l'air, tout en reconnaissant que dans certaines limites elle est encore d'une très-grande utilité dans l'évaluation du volume des gaz.

Dilatation de l'air par la chaleur.

Dès que l'on eut apporté quelque précision dans les recherches concernant l'air et les autres fluides aériformes, on s'aperçut qu'il importait de tenir compte du changement de volume que la chaleur fait éprouver à l'air, et qu'afin de rendre les résultats comparables, il était nécessaire de ramener les volumes à une température constante, de même qu'on les ramenait, par la loi de Mariotte, à une pression constante.

Il résulte d'un travail de Guyton de Morveau[1] que Deluc, le général Roy, de Saussure, Priestley et MM. Vandermonde, Berthollet et Monge se sont successivement occupés de cette question, et que Lavoisier, se servant du coefficient de Deluc, a ramené le volume des gaz à la température de 10° du thermomètre de Réaumur. Mais tous les nombres fournis par ces physiciens s'accordaient si peu, que M. Gay-Lussac reprit directement l'étude de la dilatation de l'air et des autres gaz, et arriva, en tenant compte de l'humidité de l'air, à trouver que la dilatation de ce fluide, depuis 0° jusqu'à 100° du thermomètre centésimal, est proportionnelle à l'élévation de température. Il démontra que la divergence des résultats obtenus jusque-là, tenait à ce que l'on s'était servi d'air inégalement saturé de vapeur aqueuse et qu'on n'avait pas pris la précaution de dessécher le vase dans lequel l'air se dilatait.

[1] *Ann. de chim. et de phys.*, 1re série, t. I, p. 256.

Dans l'expérience de M. Gay-Lussac, l'appareil dans lequel l'air se dilate est un tube calibré, divisé en parties d'égale capacité et terminé par une boule, dont on connaît le volume par rapport à celui des divisions du tube. L'air qui doit se dilater est renfermé entre les parois de la boule et un petit index de mercure qui, dans sa marche, n'a d'autre résistance à vaincre que le frottement contre les parois du tube, de sorte que, connaissant le volume du gaz à 0°, si on chauffe le bain dans lequel le tube est placé horizontalement, on pourra, en suivant la marche de l'index, lire à chaque instant le volume qu'occupe le gaz à chaque variation de température. Si V et V′ sont les volumes de l'air aux températures 0° et t° et aux pressions H et H′, α étant le coefficient de dilatation de l'air, k celui du verre, on aura

$$\alpha = \frac{1}{Vt}\left\{V'(1+kt)\frac{H'}{H} - V\right\}$$

De ses expériences M. Gay-Lussac a conclu que :

1° L'air et tous les gaz permanents, exposés à des températures égales, sous la même pression, se dilatent exactement de la même quantité.

2° L'étendue de leurs dilatations communes, depuis la température de la glace fondante jusqu'à celle de 100° du thermomètre centésimal, est égale à 0,375 de leur volume primitif à 0°, la pression restant constante.

3° Entre ces deux limites la dilatation de l'air est exactement proportionnelle à la dilatation du mercure; d'où il résulte que pour chaque degré du thermomètre centésimal, et sous une même pression, l'air se dilate d'une quantité égale à 0,00375 du volume qu'il occupait à 0°.

MM. Dulong et Petit, en employant un procédé qui permet de chauffer le gaz au delà de 100°, sont arrivés aux résultats suivants :

1° De 36° à 100° du thermomètre centésimal, le coefficient de dilatation de l'air est celui de Gay-Lussac.

2° Au delà de 100°, la dilatation de l'air reste sensiblement la même

que celle des autres gaz, mais elle n'est plus proportionnelle à la dilatation du mercure.

Ces résultats conduisirent MM. Dulong et Petit à adopter le thermomètre à air pour thermomètre normal, auquel il faut rapporter les indications du thermomètre à mercure.

Tel était l'état de la question, lorsque M. Rudberg, physicien suédois, vint annoncer que le coefficient de Gay-Lussac était trop fort.

« Il n'existe pas en physique, dit M. Regnault[1], d'élément numérique qui ait été soumis à un plus grand nombre de déterminations expérimentales que le coefficient de dilatation de l'air, et cependant nous ne pouvons pas dire que ce coefficient nous soit connu jusqu'à présent avec une précision suffisante. »

M. Rudberg admet pour α un nombre compris entre 0,00364 et 0,00365.

M. Regnault, par une série d'expériences, à l'aide d'appareils dans la construction desquels on a apporté les plus grands soins, en se mettant à l'abri de toutes les causes d'erreur qui troublaient les résultats antérieurs et de celles qu'il a su prévoir, a trouvé

$$\alpha = 0{,}003665$$

nombre plus faible que celui de M. Gay-Lussac et plus fort que celui de M. Rudberg.

Les limites d'une thèse et le peu de temps qui nous est accordé ne nous permettent pas de nous étendre sur le magnifique travail de M. Regnault; il serait difficile, sans entrer dans le détail de la description des appareils, de faire comprendre quels soins ce célèbre physicien apporte dans toutes ses expériences.

Poids de l'air.

On n'est parvenu à déterminer le poids de l'air avec une précision assez considérable que quand on a suffisamment connu : la loi de Mariotte, les coefficients de dilatation de l'air et du verre, le maximum de

[1] *Ann de chim. et de phys.*, 3e série, t. IV, p. 5.

densité de l'eau, les moyens de se procurer de l'air sec et d'en remplir des vases bien desséchés.

La méthode générale consiste:

1° A peser un ballon plein d'air sec à une température t et à une pression H connues;

2° A peser le même ballon vide, l'air restant étant à la température t' avec une force élastique h;

3° Enfin à déterminer le volume du ballon.

« Mais, dit M. V. Regnault, cette méthode exige la connaissance « exacte de plusieurs éléments dont la détermination présente en géné- « ral de grandes incertitudes.

« On a besoin de connaître très-exactement les températures t et t' « que présente l'air au moment où l'on ferme le ballon. On se contente « ordinairement d'observer un thermomètre placé dans le voisinage « du ballon; ce moyen est très-défectueux: le thermomètre est influencé « par des circonstances étrangères, et la température qu'il indique « peut être notablement différente de celle des couches d'air dans les- « quelles il se trouve plongé, et, à plus forte raison, de celle du gaz « qui remplit le ballon. »

MM. Biot et Arago, qui ont déterminé le poids du litre d'air, en suivant cette méthode, n'ont pas pu arriver à un nombre suffisamment exact, parce qu'ils ne pouvaient pas être certains de la température et parce qu'ils négligeaient surtout la variabilité de la constitution de l'atmosphère, qu'ils supposaient être constamment la même à l'époque des différentes pesées.

MM. Dumas et Boussingault[1], pour éviter en partie ces causes d'erreur, placent, à l'aide d'un système ingénieux qu'ils ont imaginé, le thermomètre dans le ballon même; celui-ci, avant la fermeture, est logé dans une cave artificielle, dont on maintient la température constante en l'entourant d'eau à une température peu différente de celle de l'air

[1] *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. III, p. 270

ambiant; enfin, pendant les pesées, le ballon est renfermé dans une cage doublée en plomb et dont la température intérieure est déterminée à l'aide d'un bon thermomètre. Mais cette manière d'opérer, quoique plus parfaite que la précédente, ne fait pas disparaître les causes d'erreur qui tiennent aux variations de composition de l'air.

C'est pour éviter ces incertitudes, ces causes d'erreur, que M. Regnault[1] a eu l'idée de prendre pour tare de son ballon un autre ballon de même verre et de même volume extérieur. Par ce moyen l'équilibre, une fois établi, persiste indéfiniment; c'est à ce moment qu'il faut inscrire la pesée. Pour éviter toute correction de température, ce qui exigerait la connaissance du coefficient α, M. Regnault remplit son ballon d'air sec à 0 en l'entourant de glace fondante; il l'essuie ensuite avec un linge propre humecté d'eau distillée, pour éviter l'erreur relative au développement de l'électricité, et il le pèse après l'avoir fermé. Il y fait le vide après l'avoir entouré de glace; il le ferme dans la glace, et il lui suffit de connaître la pression au moment de la fermeture. La différence entre les poids obtenus dans les deux pesées représente le poids de l'air qui à 0 remplit le ballon, sous une pression égale à la différence des deux pressions observées. En appelant P et p les deux poids, H et h les deux pressions, le poids de l'air qui remplit le ballon à 0 sous $0^m,760$ de pression sera donc

$$(P-p)\frac{760}{H-h}$$

En divisant ce poids par le volume du ballon, on aura la densité de l'air.

Le litre d'air, d'après MM. Biot et Arago, pèse. . . . $1^{gr},2991$

M. Regnault prend . . . . . $1^{gr},2932$

La connaissance du poids du litre d'air est un élément très-important. Ce poids étant connu, ainsi que la densité des autres gaz, par rapport à l'air, on peut obtenir immédiatement le poids du litre de

[1] *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. XIV, p. 215.

ces différents gaz par une simple multiplication; on voit d'après cette application combien la détermination du poids de l'air mérite d'être évaluée exactement.

Puissance réfractive. — Indice de réfraction de l'air.

MM. Biot et Arago, et plus tard Dulong, ont déterminé la puissance réfractive de l'air à 0° et 0m,76. Par suite, il est facile de connaître l'indice de réfraction de l'air et son pouvoir réfringent, puisqu'on connaît sa densité.

La puissance réfractive absolue de l'air, par rapport au vide, est 0,000589, et son indice de réfraction 1,000294.

La puissance réfractive des autres gaz a été rapportée à celle de l'air prise pour unité; de sorte que, dans ce cas, la densité de l'air étant aussi l'unité, son pouvoir réfringent est égal à sa puissance réfractive.

DEUXIÈME PARTIE.

DE L'AIR DANS SES RAPPORTS AVEC LA CHIMIE.

M. Thénard, dans un magnifique langage, commence ainsi l'étude de l'air dans son fameux *Traité de chimie :*

« Supposons qu'il n'y ait ni force attractive, ni force répulsive; que « tous les éléments du globe soient mêlés, et que dans cet état de « choses l'attraction et le calorique soient créés: tout à coup les divers « éléments agiront les uns sur les autres et tendront à se combiner. « Trois sortes de corps prendront naissance: les uns seront solides, les « autres liquides et les autres gazeux. Les solides occuperont le centre « du globe; les liquides en occuperont la surface et en rempliront les « fissures; ceux qui seront gazeux formeront autour des précédents une « couche plus ou moins épaisse; cette couche ne sera que ce que nous « désignons sous le nom *d'atmosphère*, et le fluide qui la composera « sera le fluide ou air atmosphérique. D'après cela l'air atmosphérique

« doit donc contenir tous les corps qui ont la propriété d'être à l'état « de gaz à la température ordinaire, excepté ceux qui peuvent être « rendus solides ou liquides en entrant dans quelques combinaisons. »

Et en effet, beaucoup de gaz pourraient se rencontrer dans l'atmosphère, l'altérer, la rendre impropre à l'entretien de la vie, si à côté des causes qui produisent cette insalubrité, il ne s'en trouvait pas d'autres agissant en sens opposé.

Mais voyons quelles sont les substances gazeuses que l'on rencontre dans l'atmosphère; voyons quelles sont celles qui sont essentielles à sa constitution, et pourquoi d'autres qui pourraient s'y rencontrer, ne s'y trouvent néanmoins que fort rarement et presque seulement au moment où elles y sont dégagées, pour disparaître aussitôt après.

L'air n'est pas un élément, mais comme nous venons de le voir, il pourrait être un corps fort complexe.

La connaissance de la composition de l'air atmosphérique est due en partie au hasard, en partie à des travaux entrepris dans le but d'arriver à la découverte de cette composition.

Ainsi, en 1630, Brun, apothicaire à Bergerac, trouve que l'étain calciné augmente de poids en changeant de nature. Le médecin Jean Rey, en répétant l'expérience de Brun, explique cette augmentation de poids en admettant qu'elle provient de ce que l'air se fixe sur le métal; « non « autrement, dit-il, que l'air appesantit le sable que vous jetez dans « icelle, pour l'amoitir et adhérer au moindre de ses grains. »

Mayow, médecin anglais, vers la fin du même siècle, découvre que le sang devient rouge sous l'influence de l'air et explique en partie le phénomène de la respiration; il trouve encore qu'une souris enfermée dans un verre à ventouse renversé sur une vessie, produit par sa respiration un vide capable de faire entrer la vessie dans le verre; et qu'en renversant une cloche sur une chandelle enflammée qui flotte sur l'eau, on voit ce liquide s'élever dans cette cloche[1].

[1] *Ann. de chimie*, 1re série, article de Fourcroy.

Bayen, pharmacien, malgré l'avis contraire de Macquer qui était attaché à la théorie de Stahl, soutient que le mercure, en se transformant en chaux métallique, absorbe une partie de l'air; il parvient même à déterminer exactement la quantité de matière fixée sur le mercure. C'est à la suite de ce fait, annoncé par lui à l'Académie des sciences, dans une séance à laquelle assistait Lavoisier, que ce dernier, répétant les expériences de Bayen, trouve que l'air dégagé par la chaux métallique est plus pur que l'air commun[1].

Un autre pharmacien, Schéele, s'aperçoit qu'en mettant de l'air en contact avec un sulfure alcalin, une partie de l'air est absorbée, et il constate que la partie absorbée est de même nature que le gaz que laisse dégager le nitre quand on le chauffe. Schéele alla même plus loin: il démontra qu'en mêlant l'air dégagé par le nitre avec le résidu gazeux que laisse l'air qui a séjourné sur le sulfure alcalin, on obtenait un produit semblable au gaz atmosphérique.

En même temps que Schéele, Priestley découvre l'oxygène et la manière de manipuler les gaz. Mais, pas plus que Schéele, il ne sait tirer parti de sa découverte. Tous deux, imbus des idées de Stahl et de la théorie du phlogistique, s'occupent bien plus de la forme des corps que de leur poids.

Comme on vient de le voir, il a fallu tout l'espace de temps écoulé depuis Jean Rey jusqu'à Schéele, pour amener les savants à reconnaître que l'air n'est pas un corps simple, un corps élémentaire, mais bien un corps composé. Telle est l'influence fâcheuse d'une idée fausse sur l'avancement des sciences.

Découverte de la composition de l'air atmosphérique.

Mais voici venir l'homme qui sait profiter de ses propres découvertes et de celles des autres; voici venir Lavoisier! Il a un axiome dans la tête et une balance à la main. « La matière existe, dit-il, et tant qu'elle ne

[1] *Éloge historique de* Bayen, par Lassus (*Ann. de chimie*, 1re série, t. XXVI, p. 278).

sera pas rentrée dans le néant, elle ne peut se perdre; il faut la retrouver. » Soudain, tirant parti de l'expérience de Bayen et de ses propres observations, il veut savoir si l'air tout entier est absorbé par les métaux, et l'expérience fondamentale de toute sa théorie est enfantée. Il chauffe pendant douze jours du mercure dans une atmosphère d'air renfermée entre les parois d'un ballon et celles d'une cloche placée sur le mercure, et dans laquelle va plonger le col deux fois recourbé du ballon. Il faut voir avec quels admirables détails il décrit son expérience[1]. Au bout de douze jours le volume de l'air ne changeant plus, il trouve une poudre rouge flottant sur le mercure brillant qui n'a pas été altéré; il la pèse, il la chauffe, elle lui rend un air dont le volume est égal à celui qui avait été absorbé. L'oxygène est découvert; ce n'est plus comme pour Schéele l'air du feu, et pour Priestley l'air déphlogistiqué, mais bien un corps nouveau, particulier. Lavoisier admet dans l'air comme conséquence de son expérience quarante-deux volumes d'azote et huit volumes d'oxygène. C'est plus d'azote que l'air n'en renferme et moins d'oxygène; mais peu importe, on sait se rendre compte de cette erreur, et cette expérience n'en est pas moins le fondement de toutes les méthodes d'analyse de l'air; et sans la connaître, ou une autre analogue, on ne saurait rationnellement faire cette analyse.

Par cette découverte brillante et par les conséquences qu'il en a tirées, on peut dire que Lavoisier a fait de la chimie une science française.

Aussitôt que l'expérience de Lavoisier fut connue, on s'occupa de rechercher des moyens plus rigoureux pour déterminer les quantités relatives d'oxygène et d'azote que renferme l'air; dans toutes ces méthodes l'oxygène est fixé et l'azote mesuré sous forme de gaz. Ces moyens d'analyse constituent ce que l'on a appelé *eudiométrie;* attendu qu'on a donné le nom d'eudiomètre à tout corps capable d'absorber l'oxygène et de déterminer le degré de pureté de l'air. Faute d'expériences précises, on croyait alors que la composition de l'air était variable. Nous verrons que, sauf des cas spéciaux, il n'en est rien.

[1] *Traité de chimie*, par Lavoisier, t. I, p. 55, édit. de 1805.

Le premier moyen eudiométrique paraît avoir été l'oxyde nitrique, employé d'abord par Priestley, puis par Fontana, Ingenhousz et Cavendish. Cet oxyde, en présence de l'oxygène, se transforme en vapeur nitreuse que l'eau absorbe en partie à l'état d'acide nitrique.

Ce moyen eudiométrique a été abandonné par tous les expérimentateurs, parce qu'il donne des résultats trop incertains, quoique cependant il ait permis à Cavendish de prouver que dans l'air il y a 79,16 d'azote et 20,84 d'oxygène.

Davy absorbait l'oxyde nitrique par du sulfate ferreux et plongeait dans le produit saturé d'oxyde nitrique un petit tube gradué. Cependant ce savant fait observer qu'il faut noter avec soin l'état de plus grande absorption, attendu que vers la fin le mélange émet un peu de gaz.

MM. Gay-Lussac et de Humboldt[1] ont montré que le procédé de Schéele, par les sulfures alcalins, peut donner des résultats exacts lorsque la dissolution de ces sulfures est faite à froid. Mais ils préfèrent l'eudiomètre de Volta, par l'hydrogène. Ces messieurs ont fait un grand nombre de recherches sur l'eudiométrie et ont, en outre, déterminé entre quelles limites l'étincelle électrique pouvait déterminer la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène. Les résultats de ce travail se trouvent consignés dans le mémoire que nous venons de citer. On sait que ce procédé d'analyse est établi sur la connaissance de la composition de l'eau.

Le phosphore a aussi servi et sert encore de moyen eudiométrique: Seguin, Lavoisier et Berthollet en ont fait usage. Berthollet rendit ce procédé suffisamment exact en n'enflammant pas le phosphore, ainsi qu'on l'avait fait avant lui. L'expérience de Berthollet a valu au phosphore la qualification d'*eudiomètre de* Berthollet. Ce procédé est fondé sur la facile transformation du phosphore en acide hypophosphorique.

Le cuivre humecté d'acide sulfurique étendu a aussi été employé

[1] *Ann. de chim.*, 1re série, t. LIII, p. 239.

comme eudiomètre. Ce moyen, découvert par M. Gay-Lussac, est basé sur la facile oxydation du cuivre, à l'air, sous l'influence des acides[1].

Il est à remarquer que dans toutes les analyses de l'air faites jusque dans ces derniers temps, on négligeait l'acide carbonique qu'une foule d'expériences démontrent exister dans l'air. Puis, si l'on tenait compte de l'eau, ce n'était que par le calcul : on n'obtenait donc que des nombres approchés. Ce furent M. Thénard d'abord et M. de Saussure ensuite qui songèrent à déterminer la quantité d'acide carbonique contenue dans l'air. Pour obtenir ce résultat ils firent le vide dans un grand ballon qu'ils ouvrirent à une station dont ils voulaient connaître la richesse en acide carbonique. Ils absorbaient celui-ci par de l'hydrate barytique. Du poids du carbonate barytique obtenu par un volume connu d'air, ils concluaient à la quantité d'acide carbonique.

Lorsqu'on veut utilement se servir des eudiomètres précédemment indiqués et tenir compte à la fois de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau contenus dans l'air, il faut recourir au moyen suivant, que M. Brunner, de Berne, paraît avoir le premier employé, et que MM. Dumas et Boussingault ont rendu aussi parfait que possible :

On construit un aspirateur, dont on détermine exactement le volume (ce peut être un flacon à robinet), on le remplit d'eau et on y adapte un système de tubes, composé de deux ou trois tubes en U à ponce sulfurique, de deux ou trois tubes remplis les uns de ponce potassique, l'autre de fragments de potasse fondue, et de deux derniers tubes, vers l'aspirateur, contenant de la ponce sulfurique, et dont l'un est destiné à retenir l'eau que pourrait entraîner l'air qui a passé sur la ponce potassique, et l'autre pour empêcher la vapeur aqueuse de l'aspirateur de venir augmenter le poids des tubes à acide carbonique. L'appareil étant disposé, on ouvre le robinet de l'aspirateur et on laisse écouler l'eau le plus lentement possible. Lorsque l'aspirateur est plein d'air, on attend

[1] Dans ces derniers temps, M. Doyère a employé le chlorure cuivreux ammoniacal comme moyen eudiométrique.

un peu pour que l'équilibre de pression s'établisse, puis on note la température de l'air ambiant (ou mieux celle de l'air de l'aspirateur, à l'aide d'un thermomètre dont la boule peut être introduite dans cet appareil par un orifice spécial) et la hauteur barométrique. Les tubes à ponce sulfurique retiennent l'eau, soit a leur augmentation de poids; les derniers tubes, ceux à ponce potassique, plus l'un de ceux à ponce sulfurique, retiennent l'acide carbonique, soit c leur augmentation de poids. Pour calculer le poids de l'air que renferme l'aspirateur, soit t la température, f la force élastique de la vapeur à la température t, et H la pression barométrique au moment de la fermeture; d'après la loi de Mariotte, et en corrigeant le volume du gaz de la température, le volume de l'air contenu dans l'aspirateur en litres sera

$$V.\frac{1}{1+\alpha t}.\frac{H-f}{0,76}$$

ramené à 0° et sous la pression $0^m,76$; il suffira donc de multiplier ce nombre de litres par le poids d'un litre d'air, qui est $1^{gr},2932$ d'après M. Regnault, pour avoir le poids A de l'air contenu dans l'aspirateur, savoir :

$$A=1^{gr},2932 . V . \frac{1}{1+\alpha t} . \frac{H-f}{0,76}$$

De sorte que le poids total de l'air était avant le passage dans les tubes, $A+a+c$. Par les proportions

$$A+a+c : a :: 100 : x = \frac{100\,a}{A+a+c}$$

$$A+a+c : c :: 100 : y = \frac{100\,c}{A+a+c}$$

on calcule alors les poids x et y de la vapeur d'eau et de l'acide carbonique contenus dans 100 parties en poids d'air.

Maintenant pour connaître les quantités d'oxygène et d'azote contenues dans A, on peut se servir, soit de l'eudiomètre à hydrogène, soit de ceux à phosphore ou à cuivre.

Pour les eudiomètres à phosphore ou à cuivre humide acidulé, voici

le calcul : Soient V, H, t le volume, la pression, la température de l'air privé d'eau et d'acide carbonique; soit aussi f la tension, correspondante à la température t, de la vapeur d'eau que renferme cet air dans l'eudiomètre dont les parois étaient humides; on a pour le volume de l'air sec, à 0° et sous $0^m,76$

$$V \cdot \frac{1}{1+\alpha t} \cdot \frac{H-f}{0,760} = x$$

Après l'absorption complète de l'oxygène par le phosphore ou le cuivre, c'est-à-dire lorsque le volume du gaz restant ne varie plus, on mesure ce volume qui représente l'azote. Soient V', H', t' le volume du gaz, la pression qu'il supporte et la température; f' la tension de la vapeur d'eau correspondante à la température t'; le volume de l'azote sec, à 0° et sous $0^m,76$, sera

$$V' \cdot \frac{1}{1+\alpha t'} \cdot \frac{H'-f'}{0,760} = y$$

Par suite $x-y$ sera le volume de l'oxygène absorbé. On réduira les volumes x, y et $(x-y)$ en poids, en les multipliant respectivement par les poids de l'air, de l'azote et de l'oxygène; et l'on pourra connaître ainsi les poids de l'azote et de l'oxygène qui composent A.

Si c'est à l'aide de l'eudiomètre à hydrogène que l'on veut déterminer les nombres qui composent A, voici les données expérimentales du calcul : On mesure un volume connu d'air, on y ajoute un volume égal ou un peu moindre d'hydrogène bien pur, exempt de carbures et d'arsenic, on excite à travers ce mélange une étincelle électrique et on trouve une absorption, c'est-à-dire qu'après le passage de l'étincelle le volume du gaz est moindre qu'avant. Soit V le volume de l'air, V' le volume de l'hydrogène et de l'air mêlés; en faisant les corrections connues, on aura

$$x = V \cdot \frac{1}{1+\alpha t} \cdot \frac{H-f}{0,760}$$

pour le volume de l'air,

$$y = V' \cdot \frac{1}{1+\alpha t'} \cdot \frac{H'-f'}{0,760}$$

pour le volume de l'air et de l'hydrogène réunis, $y - x$ sera le volume de l'hydrogène employé. Il est nécessaire de déterminer le volume de l'hydrogène de cette manière, parce que l'air qu'on introduit est sec, tandis que l'hydrogène est toujours humide; on aurait trop d'embarras et on risquerait de l'avoir impur, si on employait les méthodes ordinaires de dessiccation.

Soit de même V'' le volume du mélange après le passage de l'étincelle,

$$u = V'' \frac{1}{1+\alpha t''} \cdot \frac{H''-f''}{0,760}$$

sera le volume corrigé. $y - u$ sera évidemment l'absorption, c'est-à-dire le volume des gaz hydrogène et oxygène secs qui se sont combinés dans les conditions normales de température et de pression. — Or, pour former de l'eau, l'oxygène brûle le double de son volume d'hydrogène; donc le volume absorbé $y - u$ contient le tiers de son volume d'oxygène; donc pour avoir le volume de l'oxygène, il suffit, dans l'eudiomètre à hydrogène, de diviser l'absorption par 3. Par suite on connaît facilement le volume de l'azote.

Nous avons appelé eudiomètre la substance qui sert à absorber l'oxygène dans l'analyse de l'air. On commence à réserver le nom d'eudiomètre pour les appareils dans lesquels l'analyse de l'air se fait par absorption ou détonation, tels que les eudiomètres anciens de Volta, de Mitscherlich, de Gay-Lussac, ou les nouveaux très-parfaits de MM. Regnault[1] et Doyère[2].

Les deux derniers appareils eudiométriques sont parfaits en ce qu'ils permettent de connaître exactement la température et le volume des gaz, conditions que ne remplissaient en aucune manière les anciens.

Résultats obtenus par les méthodes précédentes.

De tous les travaux analytiques faits sur l'air avant 1840, par diffé-

[1] *Cour élém.*, t. IV, p. 495.

[2] *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. XXVIII.

rents procédés, dans toutes les saisons, quels que soient la direction du vent, l'état de l'atmosphère, la contrée, la hauteur à laquelle l'air a été pris, il résulte qu'en moyenne, l'air est composé de 21 d'oxygène et de 79 d'azote sur 100, en volume. Tout au plus l'azote a varié de 80 à 78, et l'oxygène de 20 à 22, ce qui tient peut-être autant au défaut de précautions qu'à l'imperfection du procédé eudiométrique employé.

Berthollet, au Caire, trouve à peu près 22 volumes d'oxygène sur 100 d'air; de Saussure, à Genève, 21 à 22; de Marty, en Catalogne, par tout temps, tout vent, toute saison, toute hauteur barométrique, auprès des étangs et des marais, ainsi que dans les lieux où beaucoup de monde était réuni, 21 et pas tout à fait 22; Davy, à Bristol, et dans d'autres contrées de l'Angleterre, sur mer, sur les côtes de l'ouest de l'Angleterre, ainsi que dans de l'air qui lui fut envoyé des côtes de la Guinée, 21; Berger, sur le Jura, sur les montagnes et dans les vallées de la Savoie, sur les glaciers, et dans le Valais, 20,3 à 21,65; Gay-Lussac et de Humboldt, à Paris, par tout temps et toute saison, 20,9 à 21,10; Gay-Lussac ayant comparé la composition de l'air pris à 6636 mètres au-dessus de Paris à la composition de l'air de Paris même, 21,49; Vogel et Krueger, au-dessus de la mer du Sud, ont trouvé 20,59.

M. Thénard et M. de Saussure, en cherchant à déterminer la quantité d'acide carbonique que contient l'air, ont remarqué que cette quantité est variable suivant la saison; car l'air recueilli par M. de Saussure, dans une prairie, contenait: au mois d'août 0,000713, au mois de janvier 0,000479, au mois de novembre, par un temps orageux, au minimum 0,000425 d'acide carbonique. Dalton fixe la quantité d'acide carbonique à 0,001; de Humboldt de 0,005 à 0,018.

Tel était, à peu près, jusqu'en 1841, l'état de nos connaissances relativement à la composition de l'air atmosphérique. A cette époque, MM. Dumas et Boussingault entreprirent de nouvelles recherches sur sa véritable constitution[1]. Sans nous arrêter aux autres raisons qui ont

[1] *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. III, p. 257.

pu les engager à faire leur grand travail, nous passerons immédiatement à l'exposition de leur méthode de détermination.

Dans les expériences que ces messieurs ont faites, ils ont eu pour but, non pas de *mesurer* l'azote et l'oxygène, mais bien de *peser* ces deux gaz. Ils y sont parvenus en fixant l'oxygène sur du cuivre chauffé au rouge et en recueillant l'azote dans un ballon vide.

L'appareil dont MM. Dumas et Boussingault se sont servi dans leurs opérations, se composait d'abord d'un système de tubes renfermant des substances propres à débarrasser l'air de son acide carbonique et de son eau; puis d'un tube muni de robinets et rempli de cuivre réduit par l'hydrogène. Ce dernier tube communiquait avec un ballon vide d'air.

Deux appareils semblables, ne différant entre eux que par la capacité des ballons (l'un contenait six litres, l'autre en contenait dix), étaient employés simultanément. Cependant l'expérience avec le grand ballon commençait plus tôt et finissait plus tard que celle avec le petit, afin de permettre de corriger l'erreur qui aurait pu résulter d'une modification régulière de l'atmosphère.

Le vide étant fait dans le ballon et dans le tube à cuivre, MM. Dumas et Boussingault chauffaient ce dernier tube et ouvraient ensuite le robinet du côté par où arrivait l'air sec et débarrassé de son acide carbonique. En procédant de la sorte, ils avaient la certitude qu'en ouvrant les robinets qui interceptaient la communication avec le ballon, il ne pouvait y entrer que de l'azote. Le ballon étant plein d'azote, ils fermaient tous les robinets.

Pour démontrer que le gaz ainsi obtenu dans le ballon était bien de l'azote pur, exempt de tout oxygène, ils firent à part une expérience dans laquelle l'air passait sur le cuivre trois fois plus vite qu'à l'ordinaire, et cependant l'air supposé désoxydé qui traversait une dissolution de chlorure cuivreux, composé si oxydable, ne produisit aucune coloration.

Nous ferons observer encore que l'air sur lequel opéraient ces mes-

sieurs, était pris par les deux appareils dans le jardin de M. Dumas et dans la même couche.

La moyenne de six expériences donna à MM. Dumas et Boussingault, en poids, pour la composition de l'air sec et privé d'acide carbonique, sans s'appuyer sur aucune hypothèse ou expérience antérieure,

Oxygène	23
Azote	77
	100

et en divisant respectivement l'azote et l'oxygène par leurs densités déterminées par ces messieurs, savoir 0,972 pour le premier et 1,1057 pour le second, on trouve en volume

Oxygène	20,80
Azote	79,22
	100,02

M. Brunner, de Berne, suit un procédé différent; il absorbe l'oxygène par du phosphore, dont une partie est préalablement transformée en acide phosphoreux dans le tube absorbant même. L'aspirateur est un vase rempli d'huile; la matière desséchante est, comme dans le procédé de MM. Dumas et Boussingault, l'acide sulfurique; car M. Brunner s'est aussi assuré que cet acide dessèche mieux que le chlorure calcique. Pour absorber l'acide carbonique il se sert de chaux hydratée. L'oxygène est *pesé*, l'azote *mesuré*, et comme son aspirateur est rempli d'huile, il n'a pas à s'occuper de la tension que produirait la vapeur d'eau. Le coefficient de dilatation des gaz qu'il adopte est celui de M. Rudberg. Sur une moyenne de six expériences faites sur le Faulhorn, dans les Hautes-Alpes de l'Oberland bernois, au mois de juillet 1841, entre le 20 et le 28, il constata que l'air contenait: oxygène 20,821; azote 79,179 en volume.

En 1832, M. Brunner a trouvé 20,915 d'oxygène; mais il attribue cette différence à un défaut d'observation.

Comme on le voit, ce résultat s'accorde presque complétement avec celui de MM. Dumas et Boussingault.

Résultats obtenus par les nouvelles méthodes.

M. B. Lewy[1] a fait depuis deux séries d'expériences; la première avec l'appareil de M. Dumas, la seconde avec l'eudiomètre de M. Regnault.

La première série a été faite en Danemarck, la deuxième à Santa-Fé-de-Bogota et sur de l'air pris en mer.

Voici quelques-uns des résultats qu'il a obtenus:

I. A Copenhague, moyenne de cinq expériences, en poids; 23,016 d'oxygène; — air pris sur la mer du Nord, moyenne de quatre expériences, 22,6; — à Elsineur, moyenne de trois expériences, 23,037.

II. En mer, dans un voyage à Santa-Fé, il a trouvé que l'air pris pendant le jour à la surface de l'océan, renferme plus d'oxygène et d'acide carbonique que pendant la nuit; ainsi, en volumes:

18 décembre, jour .	oxygène . . .	21,05973
	azote	78,88637
	acide carbonique	0,0005390
4 décembre, nuit .	oxygène . . .	20,96084
	azote	79,00660
	acide carbonique	0,0003336

L'air dissous dans l'eau étant plus riche en oxygène que l'air atmosphérique, M. Lewy explique les différences qu'il a observées, en admettant que pendant le jour la chaleur dégage de l'eau cet air riche en oxygène; tandis que, par suite de la fraîcheur des nuits, l'inverse a lieu : c'est l'atmosphère qui perd de l'oxygène.

M. Lewy a encore fait un grand nombre d'autres analyses, et il conclut de ses expériences que la quantité d'oxygène est variable dans l'atmosphère.

Relativement à la quantité d'acide carbonique qui peut exister dans l'air, les nouvelles méthodes nous ont appris des faits nouveaux. Ainsi, MM. Boussingault et Lewy[2] ont déterminé l'acide carbonique simultané-

[1] *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. VIII, p. 425. — *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXI, n° 21.

[2] *Ann. de chim. et phys.*, 3e série, p. 470.

ment à la ville (Paris) et à la campagne (Andilly, près Montmorency); ils ont constaté qu'à la campagne la proportion d'acide carbonique est un peu plus faible qu'à la ville : 10000 volumes d'air renferment à Paris 3,190, et à Andilly 2,989.

D'un autre côté, M. Lewy[1], à Santa-Fé-de-Bogota, a remarqué un fait très-curieux; ainsi, tandis qu'en août et septembre 10000 volumes d'air contenaient 47 volumes d'acide carbonique, il n'y en avait que 3 ou 4 pour le même nombre de volumes d'air en mars, avril, mai, juin et juillet.

Indépendamment de l'oxygène, de l'azote, de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau dont nous avons déjà constaté l'existence, l'air peut encore renfermer tous les gaz permanents qui y sont dégagés à chaque instant, soit par l'industrie de l'homme, soit par les réactions qui s'accomplissent incessamment au sein de la terre. Mais on sait prévoir quels sont ceux qui peuvent y séjourner. C'est ainsi qu'on n'a jamais à craindre d'y trouver : du chlore, du cyanogène, de l'acide sulfureux; ni les sulfide, sélénide, telluride, chloride, bromide et iodide hydriques; ni de l'oxide nitrique, de l'ammoniaque; ni, enfin, les phosphure, arseniure et antimoniure trihydriques, si ce n'est dans les lieux où ces corps ont pris naissance, pour n'y rester que peu de temps après s'y être dégagés; trop de causes, qu'une sage providence a accumulées, tendent à les faire disparaître.

Il en est d'autres cependant qui pourraient se trouver dans l'atmosphère et qu'on n'y peut néanmoins décéler qu'avec la plus grande difficulté; ce sont : l'hydrogène, les deux hydrogènes carbonés (C^2H^8 et C^4H^8) et l'oxyde carbonique. Il a fallu que M. Boussingault fasse passer un grand nombre de litres d'air desséché et privé d'acide carbonique sur de l'oxyde cuivrique pour obtenir des traces d'eau. C'est de cette manière qu'il paraît avoir mis hors de doute l'existence d'un principe hydrogéné dans l'air[2].

[1] *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXI, n° 21.

[2] *Ann. de chim. et de phys.*, 2e série, t. LVII, p. 149.

Enfin, nous ne devons pas passer sous silence l'ozone de M. Schœnbein. Ce chimiste a entrepris des recherches sur la cause de l'odeur que répand l'électricité qui s'échappe, sous forme d'aigrette lumineuse, d'une pointe mise en communication avec le conducteur d'une forte machine à friction. Il l'a attribuée à un corps qu'il a nommé *ozone*[1]. M. Marignac[2] a conclu de ses expériences que l'ozone est très-probablement une modification de l'oxygène. M. de la Rive[3] a montré que sous l'influence d'une suite d'étincelles électriques un courant faible d'oxygène sec et pur prend l'odeur de ce que M. Schœnbein appelle *ozone;* enfin M. Berzelius, considérant l'ozone comme une modification allotropique de l'oxygène, le représente par $O\alpha$. D'après M. Schœnbein, l'ozone jouit de la propriété de déplacer l'iode de l'iodure potassique à froid et même d'oxyder l'iode.

Un auteur allemand, M. Heidenreich[4], supposant la formation incessante de l'ozone dans l'air par l'électricité, propose pour *ozonoscope* des bandelettes de papier imprégnées d'une dissolution très-étendue d'iodure potassique dans de l'empois d'amidon peu épais. Suivant lui, l'ozone est la cause des rhumes de cerveau.

Constitution chimique de l'air.

L'air est un mélange et non une combinaison. On le prouve par ce fait que l'air dissous dans l'eau est plus riche en oxygène que l'air de l'atmosphère; or, lorsqu'un composé se dissout, il se dissout tout entier, tel quel, de manière qu'en l'analysant après l'avoir séparé de sa dissolution, il présente la même composition qu'avant d'avoir été dissous.

On le prouve encore par la loi expérimentale de Dulong, qui a découvert que la puissance réfractive d'un composé est supérieure ou inférieure à la somme des puissances réfractives des composants, dans le rapport de la composition de ces corps; or, si nous calculons la puis-

[1] *Rapport annuel de* Berz., t. II, p. 21.
[2] Idem, t. VII, p. 34.
[3] Idem.
[4] *Gazette méd. de Paris*, n° 51, 1850, p. 904.

sance réfractive de l'air, en admettant la composition de MM. Dumas et Boussingault, 0,924 étant la puissance réfractive de l'oxygène et 1,020 celle de l'azote, rapportées à la puissance réfractive de l'air prise pour unité, on a

$$100 : 0{,}924 :: 20{,}8 : x = 0{,}192192$$
$$100 : 1{,}020 :: 79{,}2 : y = 0{,}807840$$

et

$$x + y = 1{,}000032$$

ce qui est très-approché. Donc l'air est un mélange; si l'on prend pour composition de l'air 21 d'oxygène et 79 d'azote, on trouve pour la puissance réfractive calculée, $x + y = 0{,}999840$.

Constance du mélange qui constitue l'air.

L'ensemble des faits fournis par les analyses de l'air est certes bien remarquable. En comparant les analyses anciennes avec les résultats des travaux récents de M. Brunner et de MM. Dumas et Boussingault, on trouve que la composition de l'air n'a pas, ou n'a que fort peu varié; d'un autre côté, si on compare les analyses qui présentent entre elles le plus de discordance, on remarque que les localités ont beaucoup influé; ainsi, tandis que Krueger et Vogel trouvent 20,59 au-dessus de la mer, M. Gay-Lussac trouve 21,49 à Paris et à 6636 mètres au-dessus; les travaux de M. Lewy ne contredisent pas cette comparaison, car sur la mer du Nord l'oxygène était 20,439, et d'après MM. Dumas et Boussingault, à Paris 20,80. On serait tenté de conclure de là que l'eau dissolvant plus d'oxygène que d'azote, l'air près de l'eau doit être moins riche en oxygène que celui pris loin des rivières et des mers. La conclusion qu'a tirée M. B. Lewy de ses analyses de l'air pris en mer, dans des contrées où le soleil darde avec énergie, viennent appuyer cette manière de voir. Mais si l'on se rappelle que dans les anciennes analyses on ne privait pas l'air de son eau ni de son acide carbonique, et que l'on considérait le mélange de ces quatre substances comme de l'air pur, on pourra bien admettre que le résultat aurait été 20,80 pour l'oxygène, si, il y a soixante ou cinquante ans, on avait su opérer

comme opèrent MM. Dumas et Boussingault. Donc, sans être de l'avis de ceux qui, comme Thompson, pensent que l'air est un composé, une véritable combinaison, on peut fort bien admettre que le mélange qui constitue l'air (dans ses parties essentielles au moins) est invariable, et que, si l'on parvient à constater de légères variations, elles sont locales et aussitôt réparées.

Un autre fait qui prouverait encore très-bien que l'air n'a pas varié dans sa composition, c'est que MM. Dumas et Stas, ayant déterminé le poids d'un litre d'air, en se plaçant dans les mêmes circonstances que MM. Biot et Arago, ont trouvé le nombre 1g,2995 fort peu éloigné de celui de leurs devanciers.

MM. Dumas et Boussingault concluent en faveur de la constance du mélange, et montrent, par des comparaisons ingénieuses, que le poids total de notre atmosphère fournirait de l'oxygène pendant 800,000 années, avant que d'en être totalement dépouillé par la respiration de tous les animaux.

Des causes qui modifient la constitution chimique de l'air atmosphérique.

Une foule de causes modifient quotidiennement la composition et la constitution de l'air atmosphérique. Les causes les plus anciennement connues sont: la respiration des animaux, la combustion du charbon, du bois, des matières organiques et les oxydations en général. Les causes qui n'ont été connues que plus tard sont: la fermentation, la putréfaction; celles indiquées par M. Paul Savi dans son *Mémoire sur les maremmes de la Toscane*, la végétation dans ses nombreuses phases et les émanations gazeuses qui sortent du sein de la terre. De ces diverses causes, les unes rendent l'air moins riche en oxygène, elles sont *destructives;* les autres rétablissent l'équilibre, nous les appellerons *réparatrices.*

Causes destructives.

En première ligne il faut placer la respiration des animaux en géné-

ral. Nous n'examinerons pas ici l'opinion de Lavoisier, qui admettait que l'oxygène dans les poumons brûlait le carbone du sang veineux pour le transformer en sang artériel; ni celle des physiologistes, d'après lesquels le sang absorbe l'air, tandis que celui-ci déplace l'acide carbonique du sang qui revient dans les poumons. Nous exposerons simplement les faits: M. Dumas[1] a prouvé, en expérimentant sur lui-même, qu'un homme consomme par heure tout l'oxygène contenu dans 90 litres ou 116 grammes d'air environ. Dans l'espace de vingt-quatre heures un homme en rend donc irrespirable 2160 litres. Et si l'on ajoute à la quantité considérable d'air rendu ainsi irrespirable chaque jour, celle qui, à la suite de la respiration des animaux peuplant la terre, devient aussi impropre à la vie, on peut à juste titre être inquiet sur le sort de tous les être vivants. Il y a plus, l'oxygène disparaît encore en quantité énorme par la combustion du charbon : un kilogramme de charbon absorbe, en brûlant pour se transformer en acide carbonique, 2667 grammes d'oxygène, ce qui représente 11,595 grammes d'air ou 8967 litres rendus ainsi irrespirables. M. Boussingault[2] a calculé approximativement que dans les vingt-quatre heures il se produit à Paris, aux dépens de l'oxygène de l'air, 2,974,641 mètres cubes d'acide carbonique, répartis sur les combustions suivantes:

Respiration de la population	336,777	mètres cubes.
— des chevaux.	132,370	—
Combustion du bois à brûler	855,385	—
— du charbon de bois . .	1,250,700	—
— de la houille	314,215	—
— des bougies.	1,071	—
— du suif	25,722	—
— de l'huile	58,401	—
En somme . . .	2,974,741	mètres cubes.

[1] *Essai de statistique chimique des êtres organisés*, 2e édit.
[2] *Ann. de chim. et de phys.*, t. X, p. 456.

A cela il faut ajouter la combustion spontanée du bois dans ce qu'on appelle *pourriture blanche*, car, comme l'a montré M. Liebig, dans l'introduction de son *Traité de chimie organique*, page LX, si l'on ajoute à la formule brute du bois de chêne 5 équivalents d'eau ($5H^2O$) et 3 équivalents d'oxygène ($3O$), et qu'on en retranche 3 équivalents d'acide carbonique ($3CO^2$), il reste la formule brute du pourri blanc. Les lignites se sont formés de la même manière et la tourbe de nos jours ne prend pas naissance par une autre cause.

Voilà les causes permanentes de destruction de l'équilibre du mélange qui constitue l'atmosphère.

La fermentation du moût de raisin et celle du sirop de pommes de terre, de même que toutes les fermentations alcooliques, sont une cause périodique de production d'acide carbonique; cette cause augmente seulement la quantité d'acide carbonique de l'air, mais ne l'appauvrit pas en oxygène. Au contraire, la fermentation acétique, la fabrication du vinaigre modifie la constitution de l'air en lui enlevant une partie de son oxygène, mais son action est moindre, car elle ne produit pas d'acide carbonique.

Du sein de la terre se dégagent des gaz qui viennent augmenter la masse des gaz irrespirables, mais qui, sauf certains cas spéciaux, comme dans les volcans et les *lagoni* de la Toscane, n'enlèvent pas d'oxygène à l'atmosphère.

Les végétaux enfin exercent également, suivant les circonstances, une certaine influence sur la partie respirable de l'air : Ingenhousz[1] a remarqué que les parties vertes des plantes dégagent de l'acide carbonique dans l'obscurité; et de Saussure, après avoir démontré le même fait, a prouvé que les plantes absorbent réellement de l'oxygène pour exhaler de l'acide carbonique.

Causes réparatrices.

Nous venons de voir qu'il existe un grand nombre de causes destruc-

[1] *Ann. de chim. et de phys.*, 1re série, t. III.

tives de l'équilibre de composition de l'air. Jusqu'ici on n'en a encore découvert qu'une, capable de réparer les pertes d'oxygène que l'air subit à chaque instant : c'est la respiration des plantes pendant le jour. C'est encore à Ingenhousz qu'on doit la première observation sur la décomposition de l'acide carbonique par toutes les parties vertes des plantes; ce savant fait même déjà supposer que l'eau pourrait avoir une part dans le phénomène qu'il rapporte. En effet, si, comme l'indique M. Théodore de Saussure, on introduit des parties vertes de plantes fraîches sous une cloche contenant de l'air, de l'acide carbonique et de l'eau, on parvient à constater que l'acide carbonique disparaît et qu'il est remplacé par un volume un peu moindre d'oxygène. Voici du reste l'expérience de M. Th. de Saussure[1] : Sept pieds de pervenche dont les racines plongeaient dans de l'eau et dont les tiges passaient sous une cloche placée sur du mercure recouvert d'eau, furent exposés au soleil pendant six jours dans une atmosphère artificielle composée de :

Azote	4199 cc
Oxygène.	1116
Acide carbonique	431
	5746

Au bout de ce temps, l'analyse eudiométrique par le phosphore donna le résultat suivant :

Azote	4328 cc
Oxygène	1408
Acide carbonique	0
	5746

Or, comme l'acide carbonique contient un volume d'oxygène égal au sien, si tout cet oxygène avait été dégagé, on aurait dû en trouver 1547 après l'expérience ; cependant les plantes n'ont laissé dégager que

[1] *Recherches sur la végétation* (*Traité de chimie de* Thénard, t. V).

1408 — 1116 = 292 cc, et ont absorbé avec le carbone 431 — 292 = 139 cc d'oxygène, en dégageant 139 volumes d'azote.

M. Leblanc[1] a démontré cela par une expérience en grand. En effet, au bout d'une journée d'hiver, l'insolation ayant été assez forte pendant quatre heures, l'air d'une serre qui contenait des plantes équatoriales ne renfermait plus de trace d'acide carbonique, et le rapport entre l'oxygène et l'azote était sensiblement le même que dans l'air extérieur.

On objectera peut-être que si la nuit les plantes dégagent de l'acide carbonique, et absorbent par conséquent de l'oxygène, l'équilibre ne pourra pas s'établir; mais à cela nous répondrons que d'un côté l'oxygène dégagé pendant le jour surpasse la quantité d'acide carbonique dégagé pendant la nuit, et d'un autre côté « on ne saurait admettre que pendant « la vie des plantes leurs organes cessent un seul instant de fonctionner. « Les racines et toutes les parties qui ont une semblable destination, « absorbent constamment de l'eau et aspirent continuellement de l'acide « carbonique; cette faculté est indépendante de la lumière solaire.....

« Sous les tropiques et sous l'équateur, et en général dans les climats « chauds, où rarement un ciel nuageux empêche le soleil de frapper « de ses rayons ardents la végétation abondante et vigoureuse, se trouvent « les sources intarissables et éternelles du gaz oxygène. Dans la zone « tempérée et dans les régions froides s'engendre en abondance l'acide « carbonique, qui nourrit les plantes des tropiques. Le même courant « d'air qui, par l'effet de la rotation de la terre, s'étend depuis l'équa- « teur jusqu'aux pôles et vient nous apporter l'oxygène de la zone tor- « ride, le même courant, dis-je, par un mouvement rétrograde, nous « enlève l'acide carbonique qui s'est accumulé pendant nos hivers et les « transporte dans ces brûlants climats.

« Les expériences de Th. de Saussure ont démontré que les couches « supérieures de l'air sont plus riches en acide carbonique que les « couches inférieures qui se trouvent en contact avec les plantes, et que

[1] *Ann. de chim. et de phys*, 3e série, t. V, p. 232.

« la proportion d'acide carbonique dans l'air est plus considérable la « nuit que le jour, où l'acide carbonique est absorbé et décomposé. « Les plantes purifient l'air en ce qu'elles éloignent l'acide carbonique « et renouvellent l'oxygène; c'est cet oxygène qui alors profite tout d'a- « bord à l'homme et aux animaux. Le mouvement de l'air, en sens « horizontal, nous en ramène autant qu'il nous en enlève; du reste, les « courants effectués par les changements de température sont presque « nuls en comparaison des déplacements d'air causés par les vents. « Ainsi la culture doit améliorer l'état sanitaire d'un pays; sans elle les « contrées les plus saines deviennent bientôt inhabitables[1]. »

L'acide carbonique n'est pas seulement enlevé par les plantes, les eaux en dissolvent et les bases puissantes, telles que la chaux et la soude ou la potasse, qui proviennent de la décomposition des feldspaths, ont une grande part dans son absorption.

Ce serait sans doute une loi harmonique fort remarquable de la nature, que celle qui réparerait aussitôt d'un côté les pertes que l'air éprouve de l'autre; mais quoiqu'on n'ait pas de données précises à cet égard, on ne peut pas s'empêcher de reconnaître que, malgré les variations déjà connues depuis quelque temps et celles qui ont été découvertes plus récemment par les expériences de M. Lewy, il est très-extraordinaire qu'avec les pertes énormes d'oxygène que l'air subit à chaque instant, il n'ait pas été constaté de plus grandes différences dans sa composition. Nous l'avons déjà vu, et les expériences récentes de M. Lewy le confirment, c'est sur l'eau que la composition de l'air varie le plus.

S'il nous était permis d'émettre un avis dans un aussi grave sujet, nous dirions : que pour constater réellement les variations de l'air atmosphérique dans sa composition, il faudrait faire des analyses, non pas par tous les temps, dans toutes les saisons et n'importe sur quel point du globe, mais bien tous les ans, à la même époque, autant que possible par le même temps et dans le même lieu.

[1] Liebig, *Traité de chimie organique*, introduction, p. LXXVI.

Applications.

L'air est une source intarissable d'oxygène pour le chimiste; c'est là qu'il puise directement ou indirectement l'oxygène dont il a besoin. Les trois quarts au moins des composés oxydés inorganiques se préparent à l'aide de l'oxygène enlevé à l'air atmosphérique.

C'est encore l'air qui fournit l'oxygène pour transformer l'alcool en vinaigre, soit sous l'influence du ferment, soit sous celle qui agit dans le procédé de Schutzenbach.

L'air présente aussi de nombreux usages dans l'industrie. C'est ainsi que l'oxygène qu'il renferme sert à transformer le charbon en acide carbonique dans la fabrication de la céruse par le procédé de Clichy. Depuis quelques années on l'utilise encore dans un procédé de fabrication du ferrocyanure potassique.

Enfin il joue un rôle important dans les arts métallurgiques; ainsi, par exemple, dans la fabrication en grand du fer, on opère la réduction de l'oxyde de fer par l'oxyde carbonique qui provient de l'oxydation du carbone sous l'influence du vent amené par les tuyères des soufflets.

TROISIÈME PARTIE.

DE L'AIR DANS SES RAPPORTS AVEC LA TOXICOLOGIE.

On ne connaissait pas encore la composition de l'air, qu'on attribuait déjà à son insalubrité plusieurs maladies. C'est ainsi que nous trouvons dans un mémoire de Parent-Duchatelet[1] plusieurs citations qui prouvent combien les gouvernements, dans tous les temps, se préoccupaient de tout ce qui concerne la salubrité de l'air et combien aussi les populations avaient peur de respirer l'air de certains lieux, de certaines contrées. La conviction à cet égard était si profonde que le peuple a appelé *mal aria* les fièvres qui se développent en Italie aux environs de plusieurs marécages.

[1] *Essai sur les cloaques et égouts de la ville de Paris*, in-8°, 1824.

L'air étant nécessairement toujours le même lorsque rien d'étranger n'en vient modifier la constitution, on ne doit considérer toxicologiquement que l'air altéré par des causes quelconques et dans sa composition, et dans sa nature.

Il n'entre pas dans notre sujet de nous occuper des changements que subit l'air dans les cas où il provoque des maladies, la toxicologie n'ayant égard qu'aux circonstances qui peuvent produire la mort.

Nous diviserons cette troisième partie en deux chapitres :

1° Des circonstances ou l'air devient mortel.

2° Des moyens de découvrir les substances qui font de l'air un poison.

Circonstances dans lesquelles l'air devient mortel.

La première circonstance, et la plus importante, est celle où l'air est vicié par la respiration même.

Après sa grande découverte, Lavoisier s'est occupé de cette question. M. F. Leblanc, dans un travail récent sur l'air confiné, dont nous parlerons plus bas, cite un mémoire que cet homme illustre et infortuné a lu en 1777[1], et dans lequel il expose quelques recherches sur l'air vicié des lieux habités. « Les questions à résoudre, dit M. Leblanc, s'y trou- « vent posées avec la supériorité de vues qui lui est habituelle, et elles « ont été abordées par l'expérience avec la précision que comportaient « les méthodes alors en usage : le premier il signale des différences de « composition dans l'air lorsque celui-ci est contenu dans des enceintes « fermées où un grand nombre d'individus ont séjourné pendant un « temps assez long. »

Van-Mons[2] attribue l'impureté de l'air des chambres où se trouvent des malades, à beaucoup d'acide carbonique, à de l'hydrogène, à du gaz ammoniacal et à l'émanation appelée *miasme contagieux*, qui paraît être, dit-il, une combinaison particulière de gaz hydrogène carboné tenant en dissolution des liquides animaux encore peu connus.

[1] *Recueil non achevé des mémoires de* Lavoisier.

[2] *Ann. de chim. et de phys.*, 1re série, t. XXIX, p. 97.

Guyton de Morveau admet aussi dans l'air l'existence de miasmes hydrogénés, et propose l'emploi de l'acide muriatique oxygéné (chlore) pour les détruire.

Nous savons aujourd'hui que dans l'acte de la respiration, l'air expiré ne renferme pas tout l'azote qui s'y trouvait antérieurement. Nous savons encore que cet air ne contient plus que peu d'oxygène et une quantité d'acide carbonique moindre que le volume d'oxygène inspiré. Nous savons enfin qu'il y a dans l'air rendu plus de vapeur d'eau qu'il n'en contenait avant l'inspiration; et, de plus, une matière dite animalisée, qui, mêlée sans doute aux produits volatils de la transpiration ne contribue pas peu à rendre l'air insalubre. MM. Dumas et Péclet, dans leur travail sur la ventilation des salles d'assemblées, ont constaté que l'air qui s'échappe par les cheminées d'appel, exhale une odeur tellement infecte qu'on ne saurait la supporter sans danger pendant un temps même assez court.

L'air se sature d'humidité, tant par la respiration que par la transpiration; or, pour une température donnée on sait que l'air ne peut se charger que d'une quantité déterminée de vapeur d'eau; voilà donc une nouvelle cause de mort, ou au moins d'incommodité ajoutée à l'altération de l'air. Pour se faire une idée de l'action qu'exerce sur l'économie animale l'air vicié par la respiration, on n'a qu'à lire dans la *Médecine légale* de M. Orfila[1] le récit émouvant de malheureux prisonniers enfermés dans une chambre de vingt pieds carrés de surface, et dans laquelle l'air n'était renouvelé que par deux petites fenêtres donnant dans une galerie. On verra comment, après des angoisses sans nom que notre plume se refuse à retracer ici, 123 sur 146 de ces infortunés expirèrent en moins de huit heures, au milieu des plus affreux tourments.

L'oxygène étant l'agent le plus important de la vie, il va sans dire que si, par une circonstance quelconque, ce corps était enlevé à l'air,

[1] T. III, 2e partie, p. 839.

sinon totalement au moins en grande partie, l'air ainsi débarrassé de son oxygène serait mortel. Cependant, il ne faudrait pas conclure de là que l'homme pût impunément respirer de l'air dans lequel on aurait augmenté, au delà d'une certaine limite, la quantité de gaz oxygène. Fourcroy[1] cite des phthisiques auxquels on fit respirer de l'oxygène; ils parurent se trouver mieux d'abord, mais bientôt des symptômes d'une violente inflammation se manifestèrent, les malades prirent l'oxygène avec répugnance et finirent par succomber, plus vite peut-être que si on ne leur avait laissé respirer que de l'air ordinaire. L'azote est tout aussi nécessaire dans l'air que l'oxygène, et il faut admettre que le mélange qui constitue notre atmosphère représente la moyenne la plus heureusement déterminée entre ces deux gaz pour l'entretien de la vie de l'homme et des animaux.

Séguin[2], ayant expérimenté sur sa personne, a constaté que l'azote peut augmenter dans l'air sans le rendre insalubre jusqu'à ce qu'il soit à l'oxygène comme 8 : 1 en volumes. Le premier, je crois, il démontra qu'on pouvait totalement supprimer l'azote dans l'air et y substituer l'hydrogène. Il n'est pas sans intérêt de remarquer à propos de ce fait, combien il importe que l'azote soit mêlé à l'oxygène comme corps inerte, pour faire remplir à l'air les conditions voulues pour la respiration. Que deviendrait-on, dans une foule de circonstances, si à la place de l'azote il y avait de l'hydrogène?

Séguin a également reconnu que l'hydrogène carboné (sans doute $C^4 H^8$) rend l'air mortel lorsqu'il s'y trouve dans la proportion de 1/10. M. Tourdes, de son côté, a prouvé que le gaz de Selligue occasionne la mort à moins de 1/11.

MM. Chaussier, Dupuytren et Thénard ont démontré que l'air mêlé à du sulfide hydrique devient mortel pour un verdier lorsqu'il renferme 1/1500 de ce gaz; avec 1/800 un chien mourrait, et un cheval finirait par périr dans un air qui en renfermerait 1/200.

[1] *Ann. de chim. et de phys.*, 1re série, t. IV.

[2] Idem, t. LXXXIX, p. 251.

Parent-Duchatelet[1] cite une analyse de M. Gaulthier de Claubry, d'après laquelle de l'air recueilli à la surface d'un égout de Paris serait composé de :

Oxygène	13,79
Azote	81,21
Acide carbonique. . .	2,01
Sulfide hydrique . . .	2,99
	100,00

C'est là la cause, dit-il, de l'asphyxie des ouvriers égoutiers.

Nous trouvons dans le même ouvrage deux analyses de l'air asphyxiable des fosses d'aisance, d'après lesquelles cet air serait formé de :

Azote	89	Azote.	94
Oxygène	6	Oxygène	2
Acide carbonique .	5	Acide carbonique .	4
	100		100

Les bougies s'éteignaient dans la couche où cet air avait été pris, et des animaux qu'on y plongeait éprouvèrent une très-grande gêne dans la respiration.

Enfin, dans ces derniers temps, M. F. Leblanc[2] a entrepris une suite d'analyses de l'air rendu insalubre par diverses causes. Son procédé d'analyse est celui de MM. Dumas et Boussingault.

Voici quelques-uns des résultats qu'il a obtenus : au bout d'une nuit de clôture, une salle d'hôpital de 2000 mètres cubes de capacité, renfermant 54 malades, contenait 3 millièmes d'acide carbonique, à peu près cinq fois plus que dans l'air normal. Dans deux autres salles, plus peuplées, la quantité d'acide carbonique s'éleva de 6 à 8 millièmes. L'oxygène, dit M. Leblanc, avait subi une diminution à peu près proportionnelle à la quantité d'acide carbonique.

[1] Ouvrage cité.

[2] *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. V, p. 223.

Pour connaître la cause de l'asphyxie par le charbon, M. Leblanc composa une atmosphère artificielle d'air asphyxiable, en brûlant de la braise de boulanger dans une pièce bien close. Une bougie ne s'y éteignit que dix minutes après la mort d'un chien qui y avait été introduit. C'est au moment où la bougie cessa de brûler que l'air fut analysé; on y trouva en poids:

Oxygène	19,19
Azote.	75,62
Acide carbonique. . . .	4,61
Oxyde carbonique . .	0,54
Hydrogène carboné. . .	0,04
	100,00

Pour connaître la part qu'avaient l'acide carbonique et l'oxyde carbonique dans la mort du chien, M. Leblanc fit entrer un courant d'acide carbonique dans une pièce close de vingt-deux mètres cubes de capacité, dans laquelle se trouvaient un oiseau, un chien, un cochon d'Inde et une grenouille, et il analysa l'air au moment où l'oiseau et le chien étaient agonisants, le cochon d'Inde fort souffrant et la grenouille énormément gonflée; le résultat donna en poids:

Acide carbonique .	30,40
Oxygène.	16,01
Azote	53,59
	100,00

Au contraire, un oiseau périt au bout de deux minutes dans une atmosphère qui ne renfermait que 1/100 d'oxyde carbonique. M. le professeur Tourdes a vu, d'un autre côté, un lapin mourir au bout de vingt-trois minutes dans un air qui contenait 1/15 d'oxyde carbonique en volume.

Donc c'est principalement l'oxyde carbonique qui amène la mort dans l'asphyxie par le charbon, car l'hydrogène protocarboné et le bicarbure d'hydrogène peuvent être mêlés à l'air dans le rapport de

1 à 2 centièmes sans déterminer d'accidents apparents. Ces deux derniers gaz se forment en quantité bien plus considérable avec le charbon ordinaire qu'avec la braise de boulanger, qui est toujours plus carbonisée. Enfin ce sont ces carbures d'hydrogène qui, d'après M. Devergie, ont occasionné des accidents par la combustion étouffée de poutres placées entre le plafond et un plancher, près des tuyaux d'un poêle ou près d'une cheminée.

Des moyens de découvrir les substances qui font de l'air un poison.

Il serait difficile d'établir une méthode générale d'analyse de l'air insalubre. En tenant compte des circonstances on est guidé dans la marche du travail. L'odeur du gaz fera généralement connaître à quelle nature de mélange on a affaire; et fort heureusement presque tous les gaz vénéneux sont odorants. Les seuls qui ne le soient pas sont l'azote, l'acide carbonique, l'oxyde carbonique, l'hydrogène et le gaz des marais. Encore ne doit-on pas ranger dans cette dernière catégorie l'azote, l'hydrogène et peut-être l'acide carbonique, car ces corps agissent plutôt comme corps impropres à la respiration.

L'étude toxicologique des gaz odorants, qui sont vénéneux, est du ressort de la toxicologie générale. Nous ne nous en occuperons donc pas.

Lorsque l'on veut faire une analyse d'air vicié, et qu'on est certain que l'on ne peut avoir affaire qu'à de l'air vicié par une perte d'oxygène et par la présence de l'acide carbonique, de l'oxyde carbonique et des hydrogènes carbonés, voici la méthode générale qu'il convient d'appliquer[1] :

On se procure un assez grand volume de l'air vicié; on le fait passer successivement : 1° dans un tube à ponce sulfurique; là, le gaz se dessèche (mais en même temps l'acide sulfurique peut absorber de l'hydrogène bicarboné); 2° dans un grand tube à boule de Liebig contenant une

[1] Orfila, *Médecine légale*, t. III, 2e partie, p. 846.

dissolution de potasse caustique; 3° dans un petit tube en U renfermant dans une branche de la ponce potassique et dans l'autre des morceaux de potasse fondue, c'est pour absorber l'acide carbonique; 4° dans un tube à ponce sulfurique pour être certain d'une dessiccation totale; 5° dans un tube horizontal contenant de l'oxyde cuivrique chauffé au rouge; ici l'oxyde carbonique se transformera en acide carbonique et l'hydrogène carboné en eau et en acide carbonique en réduisant l'oxyde cuivrique à l'état de cuivre métallique; 6° dans un tube en U contenant de la ponce sulfurique pour absorber l'eau qu'a donnée l'hydrogène carboné; 7° enfin dans un tube de Liebig et un tube en U contenant le premier une dissolution concentrée de potasse, le second de la ponce potassique et des fragments de potasse pour absorber l'acide carbonique qui provient de la combustion de l'oxyde carbonique et de l'hydrogène carboné. Le poids de l'eau retenue par les derniers tubes à potasse pourra approximativement faire connaître la quantité d'hydrogène carboné, en supposant que ce soit le gaz des marais. Il est clair que pour cette dernière détermination on devra être fort souvent embarrassé, à moins que la quantité d'eau produite ne soit considérable.

Remarquons que dans la plupart des cas il ne sera pas nécessaire d'avoir recours à une détermination aussi rigoureuse, mais que les moyens eudiométriques ordinaires donneront des indications suffisantes pour emporter la conviction.

FIN.